

Copper-indium-gallium-selenium film solar cell and its preparation method

Publication number: CN1387536

Publication date: 2002-09-04

Inventor: ZHUANG DAMING (CN); ZHANG GONG (CN); FANG LING (CN)

Applicant: UNIV TSINGHUA (CN)

Classification:

- International: H01L31/0224; H01L31/0232; H01L31/04; H01L31/18; H01L31/0224;
H01L31/0232; H01L31/04; H01L31/18; (IPC1-7): H01L31/0232;
H01L31/0224; H01L31/04; H01L31/18

- European:

Application number: CN20021004073 20020308

Priority number(s): CN20021004073 20020308

Also published as:



CN1151560C (C)

Report a data error here

Abstract of CN1387536

A film solar battery with copper, indium, gallium selenium and its preparing method relates to semiconductor film preparation and structure design of semiconductor film device. It has the characteristics as using n-ZnS as a window layer, CuIn GaSe P-semiconductor film as an absorption layer and to form ZnS/Cu (In,Ga) Sszp-n junction with ZnS, of which metal back electrode is Mo-Cu alloy. In present invention, ZnS has been used as a window layer of film solar battery to replace ZnO material so as to increase absorption spectral region of sun light at absorption layer and to avoid the application of hazardous material of Cd, furthermore Mo-Cu alloy has been used as a back electrode to replace Mo for making joint between battery and backing more solid to raise the yield of battery production.

Data supplied from the [esp@scorer](#) database - Worldwide

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl.

H01L 31/023

H01L 31/0224 H01L 31/04

H01L 31/18

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02104073.7

[43] 公开日 2002 年 9 月 4 日

[11] 公开号 CN 1367536A

[22] 申请日 2002.3.8 [21] 申请号 02104073.7

[71] 申请人 清华大学

地址 100084 北京 100084 - 82 信箱

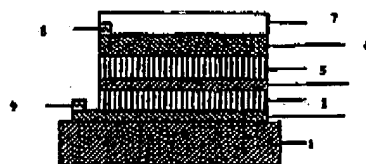
[72] 发明人 庄大明 张弓 方玲 杨波

权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图页数 1 页

[54] 发明名称 一种铜铟镓硒薄膜太阳能电池及其制备方法

[57] 摘要

一种铜铟镓硒薄膜太阳能电池及其制备方法,涉及半导体薄膜的制备和半导体薄膜器件的结构设计。本发明的特点是以 n 型硫化锌(ZnS)为窗口层,以铜铟镓硒 P 型半导体薄膜为吸收层,与 ZnS 形成 ZnS/Cu(In, Ga)Se₂p-n 结,其金属背电极层为相 - 铜合金(Mo-Cu)。本发明以 ZnS 代替了 ZnO 等材料作为薄膜太阳能电池的窗口层,增大了吸收层的太阳光吸收光谱范围,同时避免了含重金属 Cd 的有害物质的使用;背电极采用 Mo-Cu 合金代替 Mo,使得电池与衬底之间的结合更加牢固,提高了电池的成品率。因此,本发明具有结构简单,光的转换效率高、稳定性好,无污染,工艺简便等优点。



ISSN 1008-4274

知识产权出版社出版

00.00.00

权 利 要 求 书

1. 一种铜铟镓硒薄膜太阳能电池, 依次由减反射膜、透明电极层、窗口层、过渡层、光吸收层、金属背电极和衬底组成, 其特征在于: 所述的窗口层为 n 型硫化锌 (ZnS) 薄膜。

2. 如权利要求 1 所述的太阳能电池, 其特征在于: 所述的光吸收层为铜铟镓硒 (Cu(In, Ga)Se_2) P 型半导体薄膜。

3. 按照权利要求 1 或 2 所述的太阳能电池, 其特征在于: 所述的过渡层为铜铟镓硫硒 ($\text{Cu(In, Ga)(S, Se)}_2$) 薄膜。

4. 按照权利要求 3 所述的太阳能电池, 其特征在于: 所述的金属背电极为钼-铜合金 (Mo-Cu), 其中铜的含量为 3~30%。

5. 一种制备如权利要求 1 所述太阳能电池的方法, 其特征包括以下步骤:

(1) 在衬底的表面上, 用 Cu、Mo 合金溅射或用 Cu、Mo 双靶溅射, 沉积 Cu-Mo 合金背电极;

(2) 吸收层的制备: 用共蒸发法, 即用 Cu、In、Ga、Se 进行反应蒸发, 在覆有背电极的衬底上形成铜铟镓硒 (Cu(In, Ga)Se_2) 薄膜;

(3) 过渡层的制备: 在铜铟镓硒薄膜表面蒸发硫或者硫与铜、铟、镓、硒中的至少一种材料共同蒸发, 生成含硫的预制膜, 然后通过真空热处理过程, 扩散形成铜铟镓硫硒薄膜, 热处理温度是 350°C — 550°C ;

(4) 制备 ZnS 窗口层: 采用化学镀方法, 使镀液中含有氨水和硫脲 (NH_2CSNH_2), 并含有 Zn 的卤化物、硝酸盐、硫酸盐、醋酸盐中的至少一种化合物, 镀液温度在 60°C — 85°C , 镀液的 PH 值为 10.0—12.0;

(5) 经清洗、氮气吹干, 在窗口层表面制备透明电极, 再被覆金属引线; 然后制备减反射膜, 即制得本发明的太阳能电池。

6. 按照权利要求 5 所述的制备方法, 其特征在于: 步骤 (2) 吸收层的制备采用固态硒化方法, 即首先采用分步溅射或者蒸发的方法形成含铜、铟、镓、硒的预备层, 通过硒气氛下的真空热处理过程, 热处理温度为 350°C — 550°C , 扩散形成铜铟镓硫硒薄膜。

7. 按照权利要求 5 所述的制备方法, 其特征在于: 步骤 (3) 过渡层的制备采用化学镀方法, 其镀液含有硫脲 (CH_3CSNH_2)、盐酸以及铜的卤化物、硝酸盐、硫酸铜中的至少一种化合物, 溶液温度是 70°C — 90°C , 生成含硫的预制膜, 然后通过真空热处理过程, 扩散形成铜铟镓硫硒薄膜, 热处理温度是 350°C — 550°C ;

8. 按照权利要求 5 所述的制备方法, 其特征在于: 步骤 (4) 窗口层硫化锌 (ZnS) 薄膜的制备可采用电子束蒸发方法, 蒸发材料为硫化锌晶体, 基底温度为 250 — 350°C 。

00.03.08

说明书

一种铜铟镓硒薄膜太阳能电池及其制备方法

技术领域

本发明属于光电材料新能源技术领域，涉及半导体薄膜的制备和半导体薄膜器件的结构设计，特别涉及以铜铟镓硒薄膜作为吸收层的薄膜太阳能电池的结构设计以及制备方法。

背景技术

以黄铜矿结构的化合物半导体铜铟硒 (CuInSe_2 ，简称 CIS) 或固溶有镓的铜铟镓硒 (Cu(In, Ga)Se_2 ，简称 CIGS) 薄膜作为光吸收层的薄膜太阳能电池不但具有高的能量转化效率，而且具有对辐射的稳定性，因而成为光伏电池领域的研究热点之一。铜铟镓硒 (CIGS) 太阳能电池是在玻璃或其它廉价衬底上分别沉积多层薄膜而构成的光伏器件，其结构一般为：减反射膜/金属栅状电极/透明电极层/窗口层/过渡层/光吸收层 (CIGS, CIS)/金属背电极/衬底。经多年研究，CIGS 太阳能电池发展了不同结构，主要差别在于窗口材料的选择。最早是用 CdS 作窗口。如专利 US3978510 报道的薄膜电池的吸收层为 p 型 CuInSe_2 ，窗口层为 n 型的 CdS，分别以金和钼作为电极引出端。专利 US4465575 报道的电池结构是：减反射膜/金属栅状电极 (Al)/窗口层 (CdS)/光吸收层 (CIS)/金属背电极 (Mo)/衬底。专利 US4335266 中电池结构为：减反射膜/金属栅状电极/窗口层 (CdS)/光吸收层 (CIGS)/金属背电极/衬底，与前述专利不同的是在 US4335266 专利中，窗口层是由电阻率不同的两层 CdS 组合而成的。

进一步的研究成果是以 CdZnS 代替 CdS 作为窗口层，如专利 US4611091 中所提到的，其电池所用的窗口层可以是 n 型半导体 CdS、 CdZnS 、 ZnSe 、 CdSe 等。鉴于重金属 Cd 对人体有害，污染环境，而且 CdS 材料本身禁带宽度偏窄，近年来窗口层改用禁带宽度为 3.3eV 的 ZnO 材料，但在使用 ZnO 作为窗口层时，为了保证电池的优异性能，一般须用一层较薄的 CdS 层作为 ZnO 与 CIGS 相接触的缓冲层，如专利 W097/22152 报道的电池结构为：减反射膜/金属栅状电极/透明电极层 (掺 Al 的 ZnO ，简称 ZAO)/窗口层 (ZnO)/过渡层 (CdS)/光吸收层 (CIGS)/金属背电极 (Mo)/玻璃。这也是目前最常见的 CIGS 薄膜电池结构。也有用其它材料作为过渡层的，如专利 CN12300031A 报道的电池结构是：金属电极/透明电极层 (氧化铟锡，简称 ITO)/窗口层 (ZnO)/过渡层/光吸收层 (P 型 CIGS)/金属背电极 (Mo)/基板，其中所用的过渡层材料是 n 型化合物半导体和 n 型半导体复合薄膜。其 n 型化合物半导体材料含有 Cu、In 和 Ga 中的至少一种，Se 和 S 中的至少一种，Mg、Zn 和 Cd 中的至少一种。n 型半导体材料含可以是 ZnO 、 Zn(O, OH) 、 Zn(O, OH, S) 、 ZnIn_xSe_y 等。

另外，电池的背电极一般采用金属钼，如专利 US3978510、专利 US4465575 和专利 US4335266 中的 CIGS 薄膜太阳能电池的背电极都是使用的金属钼薄膜，为了提高钼层和吸收层之间的粘着力，专利 W097/22152 报道了通过电沉积方法在钼层上被覆一层金属铜层，制成金属复合层作为背电极，但这样增加了工艺过程，提高了生产成本。

03.03.08

发明内容

本发明的目的是提供一种新型结构的铜铟镓硒薄膜太阳能电池及其制备方法,不但可以提高电池的光电转化效率,而且,可以完全避免使用 CdS 或 CdZnS 等含重金属 Cd 的有害物质,有利于环保。

本发明是通过如下技术方案实现的:一种铜铟镓硒薄膜太阳能电池,依次由减反射膜、透明电极层、窗口层、过渡层、光吸收层、金属背电极和衬底组成,其特征在于:所述的窗口层为 n 型硫化锌 (ZnS) 薄膜。

在上述方案的基础上,本发明以 p 型铜铟镓硒 (CIGS) 层作为吸收层,与 ZnS 形成 ZnS/Cu(In, Ga)Se_{p-n} 结。这样可以增大吸收层的太阳光吸收光谱范围,实现更高的光电转化效率。

本发明在制备 CIGS 层后,通过硫化工艺,形成 CIGSS 过渡层,从而改善了 ZnS/CIGS 的界面态。

本发明中电池的背电极采用 Mo-Cu 合金代替 Mo,不但解决了背电极和吸收层之间的附着问题,而且工艺简便。

一种制备上述太阳能电池的方法,其特征包括以下步骤:

(1) 衬底的表面上,用 Cu-Mo 合金溅射或用 Cu、Mo 双靶溅射,沉积 Cu-Mo 合金背电极;

(2) 吸收层的制备:用共蒸发法,即用 Cu、In、Ga、Se 进行反应蒸发,在覆有背电极的衬底上形成铜铟镓硒 (Cu(In, Ga)Se₃) 薄膜;

(3) 过渡层的制备:在铜铟镓硒薄膜表面蒸发硫或者硫与铜、铟、镓、硒中的至少一种材料共同蒸发,生成含硫的预制膜,然后通过真空热处理过程,扩散形成铜铟镓硒硫薄膜,热处理温度是 350℃—550℃;

(4) 制备 ZnS 窗口层:采用化学镀方法,使镀液中含有氨水和硫脲 (NH₂CSNH₂),并含有 Zn 的卤化物、硝酸盐、硫酸盐、醋酸盐中的至少一种化合物,镀液温度在 60℃—85℃,镀液的 PH 值为 10.0—12.0;

(5) 经清洗、氩气吹干,在窗口层表面制备透明电极,再被覆金属引线;然后制备减反射膜,即制得本发明的太阳能电池。

上述制备步骤 (2) 中,吸收层的制备采用固态硒化方法,即首先采用分步溅射或者蒸发的方法形成含铜、铟、镓、硒的预备层,通过硒气氛下的真空热处理过程,热处理温度为 350℃—550℃,扩散形成铜铟镓硒硫薄膜。

上述制备步骤 (3) 中,过渡层的制备方法也可以采用化学镀方法,镀液含有硫脲 (CH₃CSNH₂)、盐酸以及铟的卤化物、硝酸铟、硫酸铟中的至少一种化合物,溶液温度是 70℃—90℃,生成含硫的预制膜,然后通过真空热处理过程,扩散形成铜铟镓硒硫薄膜,热处理温度是 350℃—550℃;

上述制备步骤 (4) 中,窗口层 ZnS 薄膜的制备方法也可采用电子束蒸发方法,蒸发材料为 ZnS 晶体,基底温度为 250—350℃。



由于本发明以 ZnS 代替了 ZnO 等材料作为薄膜太阳能电池的窗口层, 增大了吸收层的太阳光吸收光谱范围, 同时避免了含重金属 Cd 的有害物质的使用; 本发明中电池的背电极采用 Mo-Cu 合金代替 Mo, 使得电池与衬底之间的结合更加牢固, 提高了电池的生产成品率; 本发明通过简单的硫化工艺, 形成 CIGSS 过渡层, 改善了电池工作的稳定性。因此, 本发明具有电池结构简单, 光的转换效率高、稳定性好, 无污染, 工艺简便等优点。

附图说明

图 1 为本发明的太阳能电池截面示意图。

图 2 为实施例 5 所制备的太阳能电池的 I-V 特性曲线。

具体实施方式

下面对照附图 1 详细说明太阳能电池的结构及优选方式: 本发明中太阳能电池所用的衬底 1, 可以选用钠钙玻璃或者不锈钢等。在其表面沉积 Cu-Mo 合金背电极 2。Cu-Mo 合金层可采用真空溅射方法, 如用 Cu-Mo 合金溅射或用 Cu、Mo 双靶溅射, 沉积 Cu-Mo 合金层, 其厚约 $0.5 \sim 2 \mu\text{m}$, 作为电池的背电极, 其表面焊有侧电极 9。由于 Cu-Mo 合金衬底的质量直接影响膜的附着力和电池的串联电阻, 因此还要注意基片的清洗, 制备过程中保持较高的真空度和清洁度, 尽量减少针孔。制备的 Cu-Mo 合金薄膜中 Cu 的成分含量为 3-30%。

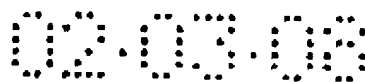
CIGS 吸收层 3 可以采用共蒸发法、硒化法或者两种方法的结合。即用 Cu、In、Ga、Se 进行反应蒸发, 在衬底上形成 Cu(In, Ga)Se_2 薄膜。或先在衬底上制备含有 Cu、In、Ga、Se 的预制层, 然后在硒气氛中进行硒化, 硒化温度为 $350 \sim 550^\circ\text{C}$ 。成膜方法可以是蒸发、溅射、喷镀热解、近距离升华、分子束外延、电沉积等。该层薄膜厚度在 $1.0 \sim 3.0 \mu\text{m}$ 厚。

铜铟镓硫硒 (CIGSS) 过渡层 4 的制备方法可以用蒸发法或化学镀方法。其中蒸发方法, 包括硫的蒸发或者硫与铜、铟、镓、硒中的至少一种材料共同蒸发, 形成预制薄膜; 其中化学镀方法包括, 用 In^{3+} ($0.001 \sim 0.005\text{M}$) 和 CH_3CSNH_2 ($0.1 \sim 0.3\text{M}$) 的混合溶液, 用盐酸调节 PH 在 $1.5 \sim 2.8$ 之间, 温度在 $70 \sim 90^\circ\text{C}$ 化学镀生成含硫的预制层。以上两种方法所制备预制膜需要在 $350 \sim 500^\circ\text{C}$ 进行真空退火处理, 也可以用保护气体, 如氩气、氮气等。生成 CIGSS 薄膜。其厚度为 $30 \sim 80\text{nm}$ 。

ZnS 窗口层 5 的制备方法可以是化学镀或真空蒸发方法。其中化学镀可选用含有 Zn^{2+} ($0.1 \sim 0.3\text{M}$)、氨水 ($5 \sim 8\text{M}$, $\text{PH} = 10.5 \sim 11.0$)、硫脲 (NH_2CSNH_2 , $0.3 \sim 0.9\text{M}$) 的镀液, 温度在 $60 \sim 85^\circ\text{C}$, 化学镀 ZnS 层。其中真空蒸发方法可以选用 ZnS 晶体颗粒, 用热蒸发或者电子束蒸发实现。薄膜厚度为 $70 \sim 220\text{nm}$ 。

透明电极 6 可以选用氧化锌铝 (ZAO) 或者氧化铟锡 (ITO) 等, 其中氧化锌铝的制备方法可以使用金属靶材溅射, 最佳性能的氧化锌铝薄膜是用氧化锌铝陶瓷靶通过射频或高频交流磁控溅射制备的。该层的厚度为 $0.10 \sim 0.35 \mu\text{m}$ 。ITO 的制备方法一般是采用陶瓷靶材, 通过磁控溅射制备。

在透明电极层上表面被覆金属引线 8, 材料可以是金、银、铝等。为提高电池的转换效率, 在电池的上表面沉积减反射膜层 7, 减反射膜材料可以用 MgF_2 、 CaF_2 、 SiO_2 等。



实施例 1:

在钠钙玻璃表面上,用 Cu、Mo 合金靶溅射沉积 Cu-Mo 合金背电极,厚度约 $1.45\mu\text{m}$,制备的 Cu-Mo 合金薄膜中 Cu 的成分含量为 6%。然后采用共蒸发法,即用 Cu、In、Ga、Se 进行反应蒸发,在衬底上形成 Cu(In, Ga)Se₂ 薄膜,当其厚度生长到 $2.0\mu\text{m}$ 后开始蒸发硫。基底温度为 350°C ,蒸发速率 6 /s 。形成厚度约 50nm 的含硫预备层。然后在氩气保护气氛下,经过 500°C 、15 分钟的退火,形成 CIGSS 薄膜。经过清洗、氩气吹干后,在室温下浸入含有 0.1MZn^{2+} 、7M 氨水、0.6M 硫脲的溶液中,30 秒钟后取出,将镀液升温至 85°C ,反复浸渍五次,形成厚度约 120nm 的、致密的 ZnS 薄膜层。然后,经过清洗、氩气吹干后,在其表面制备透明电极 ITO,使用 ITO 陶瓷靶,磁控溅射制备厚度为 $0.12\mu\text{m}$ ITO 薄膜。在透明电极上被覆铝金属引线。制成太阳能电池,该电池的开路电压为 346mV,短路电流密度为 $15.2\text{mA}/\text{cm}^2$ 。

实施例 2:

在钠钙玻璃表面上,用 Cu、Mo 合金靶溅射沉积 Cu-Mo 合金背电极,厚度约 $1.45\mu\text{m}$,制备的 Cu-Mo 合金薄膜中 Cu 的成分含量为 15%。经过清洗、氩气吹干后,用磁控溅射方法在该衬底上形成含 Cu、In、Ga 的预备层,其厚度为 $1.2\mu\text{m}$ 。在其表面上,蒸发一层厚度为 $0.7\mu\text{m}$ 硒层,并在硒的气氛中保持 500°C 、20 分钟。随后,进行硫、铜共同蒸发。基底温度为 450°C ,然后经过 500°C 、10 分钟的真空退火后,形成厚度约为 35nm 的 CIGSS 薄膜。在室温下浸入含有 0.2MZn^{2+} 、6M 氨水、0.8M 硫脲的溶液中,30 秒钟后取出,将镀液升温至 80°C ,反复浸渍五次,形成厚度约 110nm 的、致密的 ZnS 薄膜层。然后,经过清洗、氩气吹干后,在其表面制备透明电极 ITO,使用 ITO 陶瓷靶,磁控溅射制备厚度为 $0.21\mu\text{m}$ 的 ITO 薄膜。在透明电极上被覆铝金属引线。制成太阳能电池,该电池的开路电压为 366mV,短路电流密度为 $13.1\text{mA}/\text{cm}^2$ 。

实施例 3:

在钠钙玻璃表面上,用 Cu、Mo 金属靶材溅射沉积 Cu-Mo 合金背电极,厚度约 $1.55\mu\text{m}$,制备的 Cu-Mo 合金薄膜中 Cu 的成分含量为 3%。经过清洗、氩气吹干后,用磁控溅射方法在该衬底上形成 Cu、In、Ga 预备层,其厚度为 $1.2\mu\text{m}$ 。然后蒸发一层厚度为 $0.6\mu\text{m}$ 硒层,并在硒的气氛中保持 450°C 、25 分钟。在 CIGS 薄膜表面,采用化学镀方法,用含 $\text{In}^{3+}0.004\text{M}$ 、含 $\text{CH}_3\text{CSNH}_20.25\text{M}$ 的混合溶液,用盐酸调节 PH 为 1.8,化学镀生成厚度为 48nm 的含硫预备层。经过 500°C 、13 分钟的真空退火后,在室温下浸入含有 0.4MZn^{2+} 、7M 氨水、0.5M 硫脲的溶液中,30 秒钟后取出,将镀液升温至 75°C ,反复浸渍七次,形成厚度约 110nm 的、致密的 ZnS 薄膜层。然后,经过清洗、氩气吹干后,在其表面制备透明电极 ZAO,使用 ZAO 陶瓷靶,磁控溅射制备厚度为 $0.25\mu\text{m}$ 的 ZAO 薄膜。在透明电极上被覆铝金属引线。制成太阳能电池,该电池的开路电压为 423mV,短路电流密度为 $10.6\text{mA}/\text{cm}^2$ 。

实施例 4:

在钠钙玻璃表面上,用 Cu、Mo 金属靶材溅射沉积 Cu-Mo 合金背电极,厚度约 $1.5\mu\text{m}$,制备的 Cu-Mo 合金薄膜中 Cu 的成分含量为 28%。然后采用共蒸发法,即用 Cu、In、Ga、Se

03.03.08

进行反应蒸发,在衬底上形成 Cu(In, Ga)Se_2 薄膜,其厚度为 $2.3\mu\text{m}$ 。在 CIGS 薄膜表面,采用化学镀方法,用含 $\text{In}^{3+}0.002\text{M}$ 、含 $\text{CH}_3\text{CSNH}_20.15\text{M}$ 的混合溶液,用盐酸条件 PH 值为 2.0,化学镀生成含硫预制层。然后在 450°C 下,真空退火生成 CIGSS 薄膜,其厚度约 60nm 。随后用电子束蒸发方法,在其上制备 ZnS 层,采用粒度约为 100nm^3 的 ZnS 晶体颗粒,基底温度为 200°C ,蒸发 120 秒, ZnS 薄膜厚度达到 150nm 。透明电极 ZAO 使用氧化锌铝陶瓷靶,高频交流磁控溅射。厚度为 $0.35\mu\text{m}$ 。在透明电极层上被覆铝金属引线。然后蒸发一层厚度约为 150nm 的氟化镁薄膜作为光的减反膜。制成太阳能电池,该电池的开路电压为 418mV ,短路电流密度为 $12.7\text{mA}/\text{cm}^2$ 。

实施例 5:

在钠钙玻璃表面上,用 Cu—Mo 合金靶溅射沉积含铜 20% 的钼铜合金背电极层,厚度约 $1.5\mu\text{m}$ 。经过清洗、氩气吹干后,采用磁控溅射方法,在该衬底上形成 Cu、In、Ga 预备层,其厚度为 $1.3\mu\text{m}$ 。随后蒸发一层厚度为 $0.5\mu\text{m}$ 硒层,在 530°C 的氮气保护气氛下硒化 25 分钟,形成 CIGS 薄膜层。然后,用蒸发方法,进行硫、硒、镉、铜共同蒸发。基底温度为 380°C ,蒸发 20 秒,形成厚度为 30nm 的含硫过渡层薄膜,然后在 400°C 、20 分钟真空退火生成 CIGSS 薄膜。然后采用电子束蒸发方法制备 ZnS 层,采用粒度约为 150nm^3 的 ZnS 晶体颗粒,基底温度为 250°C ,蒸发速率 $3\text{Å}/\text{s}$,形成厚度为 120nm 的 ZnS 薄膜层。透明电极 ZAO 使用氧化锌铝陶瓷靶,高频交流磁控溅射。厚度为 $0.12\mu\text{m}$ 。在透明电极层上被覆铝金属引线。然后蒸发一层厚度约为 110nm 的氟化镁薄膜作为光的减反膜。制成太阳能电池。其 I—V 特性曲线见图 2 所示。

02.03.08

说明书附图

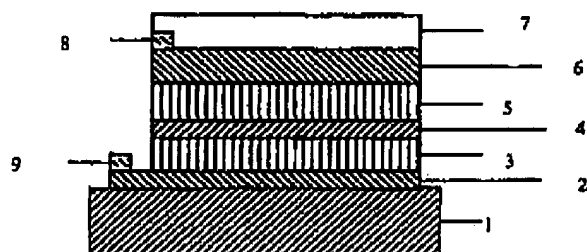


图 1

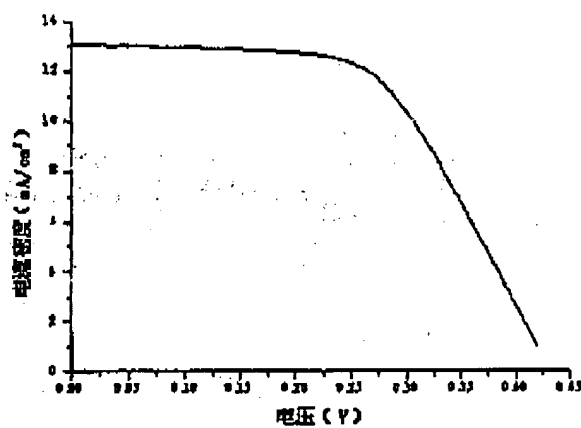


图 2